نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۷، شماره ۲، خرداد-تیر ۱۴۰۰ ص.۲۵۹-۲۴۳

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 17, No. 2, June. July. 2021, p. 243- 259

مقاله پژوهشی

تاثیر کاربرد ایزوله پروتئین جوانه گندم بر ویژگی‌های فیزیکی، رئولوژیکی، بافت وحسی بستنی

هما ماهپور[۱]- تکتم مستقیم[۲*]- شهلا شهریاری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۳۰

چکیده

غنی‌سازی محصولات لبنی، خصوصا بستنی جهت تولید فرآورده‌های غذایی سلامتی‌بخش یکی از مهمترین اهداف و اولویت‌های بشر امروزی می‌باشد. ایزوله پروتئینی یکی از ترکیبات مورد استفاده به‌منظور تولید محصولات سلامتی‌بخش است. در این مطالعه، هدف تولید بستنی با ویژگی‌های جدید بر پایه یک ماده فراسودمند با جایگزینی جزئی ماده خشک با ایزوله پروتئین جوانه گندم می‌باشد. بنابراین ایزوله پروتئینی جوانه گندم با ترکیب درصد ۱، ۳ و۵ استخراج و به بستنی اضافه شد. در قدم اول ایزوله پروتئینی توسط آزمون‌های درصد رطوبت، درصد چربی، خاکستر غیرمحلول در اسید، اندازه ذرات و دانه‌بندی آرد مورد ارزیابی قرار گرفت. در گام دوم ایزوله پروتئینی جوانه گندم با ترکیب درصد ۱، ۳ و۵ به بستنی اضافه شد و اثر آن بر روی ویژگی‌های رئولوژیکی، خصوصیات بافتی، رنگ، پارامترهای فیزیکوشیمیایی و حسی بستنی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که درصد رطوبت ایزوله پروتئینی و میزان درصد چربی به‌ترتیب عبارت بودند از ۰/۴۲±۸/۴۱ و ۰/۴۴±۱۱/۳۴ و همچنین میزان درصد خاکستر غیرمحلول در اسید عبارت بود از ۰/۲۳±۳/۵۷ . نتایج ارزیابی اندازه ذرات و دانه‌بندی آرد نیز عبارت بودند از ۰/۰۱±۲۸۲. داده‌های آزمایشگاهی نمایشگر آن بود که با افزایش ایزوله پروتئین جوانه، ویسکوزیته، مقاومت در برابر ذوب شدن و شاخص حجم‌افزایی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. پارامترهای سختی و چسبندگی بافت، دانسیته ، اندازه و قطر ذرات و همچنین توزیع آن‌ها و سطح مخصوص آن‌ها، شاخص‌های زردی و قرمزی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. با جمع‌بندی کلیه نتایج آزمایشگاهی و ارزیابی حسی نمونه‌ها مشخص شدکه نمونه بستنی با یک درصد ایزوله پروتئینی جوانه گندم نمونه منتخب و بهینه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ایزوله پروتئین جوانه گندم، بستنی، خصوصیات رئولوژیکی، بافت.

مقدمه

بستنی یکی از پرمصرف‌ترین دسرهای لبنی به‌شمار می‌رود و مصرف آن هر ساله در حال افزایش است. در ساخت این دسر لبنی از چربی، ماده خشک بدون چربی، شیر، شیرین‌کننده، پایدارکننده، امولسیفایر و طعم‌دهنده استفاده می‌شود (Bahramparvar *et al.*, 2011). بستنی به‌دلیل دارا بودن شیر به‌عنوان یکی از ترکیبات اصلی، وجود ویتامین‌ها، املاح و مواد معدنی به‌عنوان یک ماده غذایی با ارزش تغذیه‌ای بالا شناخته می‌شود و ارزش تغذیه‌ای آن بستگی به مقدار پروتئین، چربی و مواد کربوهیدراتی به‌کار رفته در آن دارد. گرایش به مصرف غذاهای سالم و فراسودمند منجر به تولید محصولاتی با ارزش تغذیه‌ای بالا شده است. مواد غذایی با اثرات مثبت بر سلامت انسان و یا ارزش تغذیه‌ای بالای به‌عنوان غذاهای فراسودمند شناخته می‌شوند. در سال‌های اخیر تلاش‌های بسیاری در جهت بهبود ارزش تغذیه‌ای این محصول به دلیل کمبود اسیدهای چرب غیراشباع، ترکیبات فنولیک و آنتی‌اکسیدانی در آن و تولید بستنی پروبیوتیک، پری‌بیوتیک و سین‌بیوتیک صورت گرفته است (Criscio *et al.*, 2010).

جوانه گندم فراورده جانبی حاصل از آسیاب گندم بوده و منبع عمده ویتامین‌ها و ترکیبات عملگر مانند اسید فرولیک، اسید فیتیک، گلوتاتیون، فیتواسترول، همچنین، مواد معدنی، فیبر رژیمی وفلاونوئیدها می‌باشد. با توجه به ارزش تغذیه‌ای بالا و ویژگی‌های عملکردی مناسب، متخصصان تغذیه، از جوانه گندم به‌عنوان "خزانه مغذی طبیعی و منبع زندگی بشر" یاد می‌کنند (Zhu *et al.*, 2006). جوانه گندم حاوی حدود ۱۰ درصد روغن بوده که به‌طور عمده در صنایع غذایی، دارویی و آرایشی، بهداشتی استفاده می‌شود. فرآورده جانبی مهم فرایند استخراج روغن، جوانه چربی گرفته نام دارد که مقدار نسبتا بالایی (حدود ۳۵ درصد) پروتئین دارد. پروتئین جوانه گندم، که غنی از پروتئین‌های

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهر قدس، تهران، ایران.
۳- دانشیار گروه مهندسی شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهر قدس، تهران، ایران
(*-نویسنده مسئول: Email: toktammostaghim@yahoo.com)
DOI: 10.22067/ifstrj.v17i2.83950

محلول در آب و محلول در آب نمک می‌باشد، از ویژگی‌های عملکردی مطلوبی برخوردار است که آن را تبدیل به ترکیبی سودمند برای استفاده در فراورده‌های غذایی مختلف کرده است. فعالیت امولسیفایری، توانایی بالای حفظ آب، کف‌کنندگی و حلالیت مناسب، از جمله این ویژگی‌های پروتئین جوانه گندم می‌باشند (Arshad *et al*., 2007Gómez *et al*., 2012;). جوانه گندم همچنین غنی از اسیدهای آمینه به‌ویژه اسیدهای آمینه ضروری که در بسیاری از دانه‌های غله‌ای کمیاب هستند، مانند لایزین، متیونین و ترئونین می‌باشد، به همین دلیل، یکی از منابع مهم و با ارزش پروتئین‌های گیاهی به‌شمار می‌رود (Arshad *et al*., 2007). ایزوله پروتئین جوانه گندم غنی از اسیدهای آمینه ضروری، به‌ویژه لیزین، متیونین و ترئونین است که در آن بسیاری از دانه های غلات بسیار کم است (Zhu *et al*., 2010).

ایزوله پروتئین گندم عمدتا از آلبومین و گلوبولین تشکیل شده است. حلالیت بالا پروتئین، خواص امولسیون‌کنندگی مطلوب، ظرفیت تشکیل کف و آب‌گریزی پروتئین جوانه گندم این ماده را به یک ماده مفید برای استفاده در محصولات غذایی تبدیل کرده است. پروتئین جوانه گندم همچنین ممکن است در فرمولاسیون غذا برای افراد دارای آلرژی به گلوتن مفید باشد. از جمله خواص عملکردی عمده پروتئین جوانه گندم می توان به هیدراتاسیون، تشکیل فوم، بهبود خواص لایه‌ای خمیر لمینیت، بافت نرم و بدون طعم بودن آن اشاره نمود (Hassan *et al*., 2010).

اضافه نمودن ایزوله پروتئین جوانه گندم به‌عنوان یک ماده فراسودمند به بستنی، سبب افزایش ماده جامد بدون چربی در این محصول می‌شود و می‌تواند بر خصوصیات رئولوژیکی، فیزیکوشیمیایی و حسی بستنی تاثیر داشته باشد. اگرچه به‌نظر می‌رسد استفاده از این ماده فراسودمند در مقادیر بالا می‌تواند علی رغم افزایش خصوصیات تغذیه‌ای بر خصوصیات حسی تاثیر نامطلوب بگذارد. همان‌طور که تحقیقات نشان داده است استفاده از منابع معمول ماده خشک بدون چربی شیر مانند شیر خشک بدون چربی در مقادیر بالا سبب ایجاد طعم نامطلوب می‌شود (Alvarez *et al*., 2005).

استفاده از ایزوله پروتئین جوانه گندم به‌عنوان منبع تامین‌کننده ماده خشک بدون چربی در بستنی، علاوه بر افزایش خواص تغذیه‌ای محصول می‌تواند منجر به کاهش هزینه‌های اقتصادی به دلیل قیمت پایین‌تر آن نسبت به شیر خشک بدون چربی و تولید محصولی جدید با مشخصات ویژه برای مصرف‌کنندگان شود. از این رو در این مطالعه، هدف تولید یک محصول با ویژگی های جدید برپایه یک ماده فراسودمند با جایگزینی جزئی ماده خشک با ایزوله پروتئین جوانه گندم می‌باشد. بنابراین ایزوله پروتئینی جوانه گندم استخراج و به بستنی اضافه شد و اثر آن بر روی دانیسته، ویسکوزیته، رئولوژی، ویژگی‌های بافتی و فیزیکو شیمیایی و حسی بستنی مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین یک آنالیز آماری برای تعیین معنی داری یا عدم معنی‌داری به‌کارگیری ایزوله پروتئین جوانه گندم بر خصوصیات مورد ارزیابی انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

آرد جوانه گندم و چربی‌گیری

نمونه‌های جوانه گندم خالص فاقد سبوس در اثر تماس با حلال آلی متانول به مدت ۸ ساعت و طی هم زدن مداوم، چربی‌گیری و در دمای اتاق خشک شد و سپس جوانه گندم چربی‌گیری شده توسط آسیاب آزمایشگاهی آسیاب شد (Hassan *et al*., 2010).

ایزوله پروتئینی

از روش استخراج قلیایی و ترسیب اسیدی برای تهیه ایزوله پروتئینی استفاده شد. برای این منظور ابتدا سوسپانسیونی از آرد چربی گرفته جوانه گندم و محلول ۰/۵ مولار نمک طعام تهیه و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق مخلوط شد، پس از تنظیم pH به ۱۰ با استفاده از NaOH، ۰/۵ مولار و گذشت زمان ۳۰ دقیقه، سوسپانسیون حاصل در ۸۰۰۰rpm به مدت ۲۰ دقیقه و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد، با استفاده از سانتریفوژ یخچال‌دار، سانتریفوژ گردید. محلول رویی جدا شد و به‌منظور ترسیب پروتئین‌ها، با استفاده از HCL، ۰/۵ مولار pH به ۴ تنظیم شد. پس از ۳۰ دقیقه، مجددا سانتریفوژ انجام شده و رسوب‌های حاصل جدا شد و پس از خنثی کردن pH با استفاده از خشک‌کن انجمادی، خشک و سپس آسیاب شد (Hassan *et al*., 2010) و سپس آزمایشات لازم بر روی ایزوله پروتئینی جوانه گندم به هدف تعیین ویژگی‌های کیفی آن صورت گرفت.

ایزوله پروتئینی جوانه گندم

آزمون‌های جدول ۱ برای ارزیابی کیفیت ایزوله پروتئینی جوانه گندم صورت پذیرفت.

تهیه و فرمولاسیون بستنی

جهت تهیه بستنی، از شیر ۱۰ درصد چربی (شیوه استاندارد کردن با روش مربع پیرسون از شیر دو ونیم درصد چربی و خامه ۳۰ درصد چربی) که در کارخانه پاک تهیه گردید استفاده شد. بعد از آن توزین شیر و سایر اجزا و پیش حرارت در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد صورت گرفت و سپس فرمولاسیون مخلوط بستنی مطابق جدول ۲ تهیه گردید. در مرحله بعد پاستوریزاسیون در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ثانیه صورت گرفت و در این مرحله ایزوله پروتئینی آرد جوانه گندم اضافه شد. سپس مخلوط حاصل مجددا در دمای ۵۳ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶۹ ثانیه پاستوریزه و سریعا به کمک مخلوط سرمازا (یخ و نمک) تا دمای کمتر از ۹ درجه سانتی‌گراد سرد گردید. سپس عمل

رسانیدن در ۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴ ساعت در یخچال صورت پذیرفت. عملیات انجماد بستنی توسط یک بستنی‌ساز خانگی (فلر IC80، چین) به مدت تقریبی ۳۸ دقیقه صورت گرفت و در قالب‌های لیوانی شکل ۷۰ گرمی پر شدند و دربندی و کدگذاری گردیدند .پس از سخت شدن در دمای ۳۵- درجه سانتی‌گراد، در پایان در سردخانه با دمای ۲۵- درجه سانتی‌گراد جهت انجام آزمایشات قرار گرفتند (رضوی و همکاران، ۱۳۸۰). کلیه تیمارها مطابق جدول ۲ به‌صورت زیر در کل این تحقیق نامگذاری و تعریف گردید:

T= تیمار بستنی شاهد

T1= تیمار بستنی دارای ۱ درصد آرد ایزوله پروتئین جوانه گندم

T2= تیمار بستنی دارای ۳ درصد آرد ایزوله پروتئین جوانه گندم

T3= تیمار بستنی دارای ۵ درصد آرد ایزوله پروتئین جوانه گندم

جدول ۱- آزمون های ایزوله پروتئین جوانه گندم

آزمون های ایزوله پروتئین	روش
ارزیابی میزان رطوبت آرد	استاندارد ملی ایران به شماره ۲۷۰۵
اندازه گیری درصد خاکستر غیرمحلول در اسید آرد	استاندارد ملی ایران به شماره ۳۷
ارزیابی میزان چربی آرد	استاندارد بین المللی AACC-30-10
اندازه‌گیری اندازه ذرات و دانه‌بندی آرد	استفاده از الک‌هایی با اندازه مش ۱۸۰ ، ۱۲۵ و ۱۰۵ میکرومتر

جدول ۲- فرمولاسیون نمونه‌های بستنی وانیلی(درصد وزنی)

کد تیمار	شیر (۱۰٪ چربی)	پایدارکننده IC90	شیر خشک	پروتئین جوانه گندم	وانیل	شکر
T	۷۸/۵۲۸	۰/۴۰۰	۵/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۷۵	۱۶/۰۰۰
T1	۷۸/۵۲۸	۰/۴۰۰	۴/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۰۷۵	۱۶/۰۰۰
T2	۷۸/۵۲۸	۰/۴۰۰	۲/۰۰۰	۳/۰۰۰	۰/۰۷۵	۱۶/۰۰۰
T3	۷۸/۵۲۸	۰/۴۰۰	۰/۰۰۰	۵/۰۰۰	۰/۰۷۵	۱۶/۰۰۰

آزمون‌های بستنی

خصوصیات رئولوژیکی

به‌منظور اندازه‌گیری اثر سرعت برشی بر رفتار رئولوژیکی (نمودار تنش برشی-سرعت برشی) از ویسکومتر (بروکفیلد، DV3T،آمریکا) استفاده شد. اسپیندل مناسب بر اساس ویسکوزیته مخلوط انتخاب شده و مخلوط بستنی در کاپ دستگاه ریخته و توسط سیرکولاتور به دمای ۴°C رسانده شد. سپس دامنه مشخصی از سرعت برشی ($۲ S^{-1}$ تا $۵۰۰S^{-1}$) اعمال شده و تنش برشی در هر یک از سرعت‌های برشی اندازه‌گیری شد (Akalın *et al.*, 2008).

درصد حجم افزایی

درصد حجم‌افزایی با استفاده از روش وزن‌سنجی (با کمک ترازو) مطابق روش ارائه شده توسط Marshall و همکاران (۲۰۱۲) صورت پذیرفت. در این روش اختلاف وزن نمونه بستنی قبل و بعد از انجماد تعیین و بر وزن نمونه بعد از انجماد تقسیم میشود عدد حاصله در صد ضرب می‌شود و به این ترتیب درصد افزایش حجم گزارش می‌شود.

بافت

آنالیز بافت در دمای اتاق با استفاده از دستگاه آنالیز بافت (M350-10CT، انگلستان) مطابق روش ارائه شده توسط Akalın و همکاران (۲۰۰۸) انجام پذیرفت. برای این منظور از پروب استوانه‌ای از جنس فولاد ضدزنگ با قطر ۲/۵ سانتی‌متر استفاده شد. پروب دستگاه با سرعت معادل ۳/۳ میلی‌متر بر ثانیه تا عمق ۱۵ میلی‌متری نمونه بستنی نفوذ نمود و ماکزیمم نیروی تراکمی به‌عنوان تخمین سختی مورد نظر قرار گرفت.

سرعت ذوب

برای این منظور حدود ۵۰ گرم از نمونه بستنی به دقت توزین شد و در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد بر روی الک با مش ۱ میلی‌متری قرار گرفت. میزان نمونه ذوب شده هر ۳۰ دقیقه توزین شد. سرعت ذوب بر اساس میزان نمونه ذوب شده بر حسب زمان اندازه‌گیری شد و در سه تکرار صورت پذیرفت (Akalın *et al.*, 2008).

متوسط قطر، توزیع اندازه و سطح مخصوص ذرات

اندازه‌گیری متوسط قطر، توزیع اندازه و سطح مخصوص ذرات با کمک دستگاه زتا سایزر (مالورن، آلمان) صورت پذیرفت. نمونه قبل از تزریق به دستگاه کاملاً همگن و اندازه‌گیری در دمای محیط انجام گرفت. میانگین قطر تحت عناوین عدد ساتر یا میانگین قطر سطح- وزن (d۳۲)، عدد دبروکر یا میانگین قطر حجم- وزن (d۴۳) به‌دست آمد (Méndez-Velasco *et al.*, 2011).

pH

ارزیابی pH نمونه های بستنی با استفاده از pHمتر دیجیتال (طب و فن ایلیا ، ایران) در سه تکرار صورت پذیرفت.

درصد ماده خشک

درصد ماده خشک نمونه‌های بستنی با استفاده از روش ارائه شده در استاندارد ملی ایران به شماره ۱۱۹۰ (سال ۱۳۸۷) تعیین شد.

پارامترهای رنگ‌سنجی

ارزیابی رنگ نمونه‌های با استفاده از بررسی پارامترهای رنگی در نمونه ها با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج هانترلب ساخت کشور آلمان صورت پذیرفت. برای این منظور از سطح نمونه با قطر ۸ میلی‌متر استفاده شد. اندازه‌گیری پارامترهای رنگی در سه تکرار صورت پذیرفت (Akalın *et al.*, 2008).

ارزیابی حسی

جهت اندازه‌گیری پارامترهای حسی محصول از تست پانل تعلیم دیده کارخانه پاک که شامل ۳۰ نفر بودند استفاده شد و خصوصیاتی چون شکل ظاهری، بافت، طعم و مزه، عطر و بو و احساس دهانی محصول تولید شده مورد بررسی و امتیازدهی قرار گرفت. برای ارزیابی ویژگی‌های حسی بستنی از آزمون هدونیک ۵ نقطه‌ای استفاده شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

در این تحقیق تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS19 انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با بهره‌گیری از آزمون دانکن با سطح احتمال ۵٪ انجام شد. همچنین رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۰ انجام شد. کلیه نتایج تجربی در سه تکرار صورت گرفت.

نتایج و بحث

ایزوله پروتئینی جوانه گندم

نتایج آزمون‌های ایزوله پروتئینی جوانه گندم در جدول ۳ آمده است. نتایج گزارش شده در این جدول با تحقیقات سایر محققین مطابقت دارد و در محدوده گزارش شده سایر مقالات منتشر شده می‌باشد (Shakeri *et al.*, 2012).

جدول ۳ نتایج ارزیابی آزمون های آرد ایزوله پروتئینی جوانه گندم

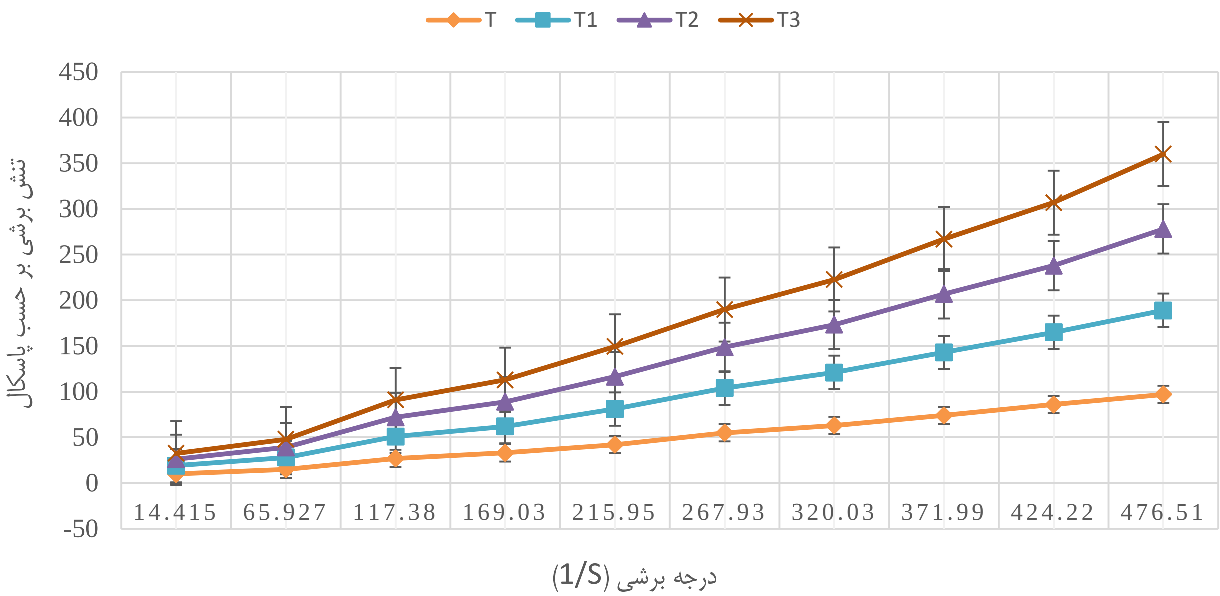
ردیف	نام آزمون	نتایج
۱	**درصد رطوبت**	۸/۴۱±۰/۴۲
۲	**درصد چربی**	۱۱/۳۴±۰/۴۴
۳	**درصد خاکستر غیر محلول در اسید**	۳/۵۷±۰/۲۳
٤	**اندازه ذرات و دانه بندی آرد(میکرومتر)**	۲۸۲±۰/۰۱

داده‌ها بر حسب میانگین± انحراف معیار می‌باشند.

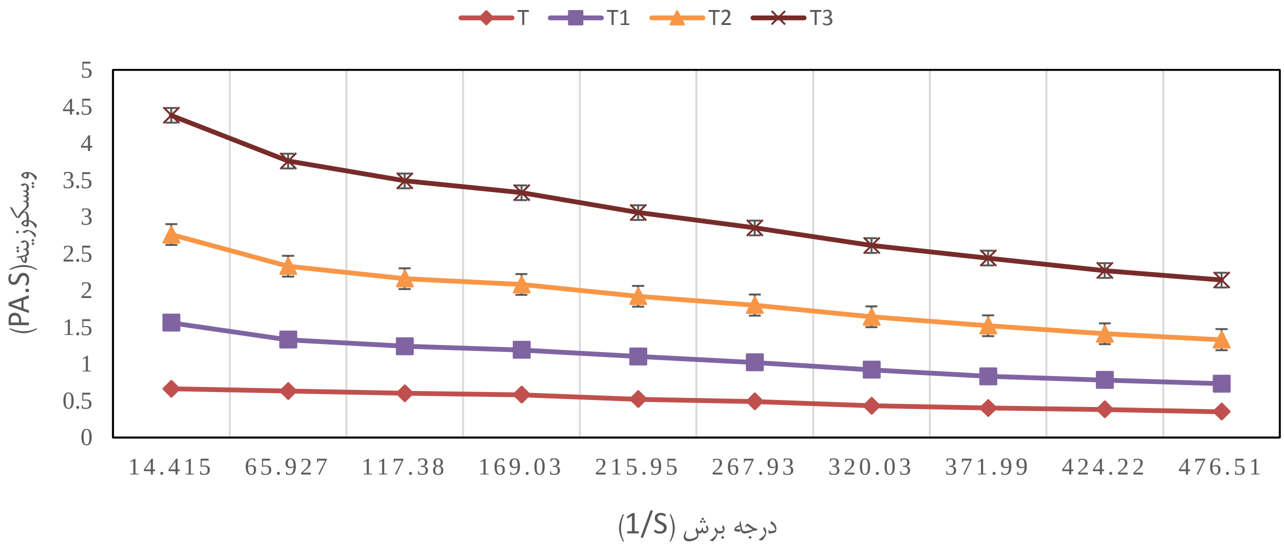
ارزیابی بستنی

خصوصیات رئولوژیکی

نمودار ۱ میزان تغییرات تنش برشی را به نرخ برشی برای تیمارهای بستنی با مقادیر ۱ و ۳ و ۵ درصد آرد ایزوله پروتئینی جوانه گندم و همچنین تیمار شاهد نشان می‌دهد. داده‌های آزمایشگاهی مطابق قانون لزجت نیوتن نشان می‌دهد که با افزایش نرخ برش میزان تنش برشی افزایش می‌یابد. تیمار بستنی دارای ۵ درصد آرد ایزوله پروتئینی جوانه گندم دارای بالاترین میزان تنش برشی و کمترین مقدارتنش برشی نیز به تیمار بستنی شاهد (فاقد آرد ایزوله پروتئینی جوانه گندم) تعلق دارد. شکل ۲ تغییرات ویسکوزیته نسبت به درجه برش در مخلوط بستنی با درصدهای مختلف ایزوله پروتئین آرد گندم را نشان می‌دهد. در این شکل می‌توان دید که ویسکوزیته تیمارهای بستنی شامل آرد ایزوله پروتئینی جوانه گندم بالاتر از تیمار شاهد می‌باشد اگرچه با افزایش میزان نرخ برشی مقدار عددی ویسکوزیته در کلیه تیمارهای بستنی به تدریج کاهش پیدا می‌کند. کمترین مقدار ویسکوزیته در تیمار بستنی شاهد و بیشترین مقدار آن در نمونه بستنی با ۵ درصد آرد پروتئینی ایزوله جوانه گندم می باشد($p≤۰/۰۵$). با توجه به اینکه ویسکوزیته مقاومت یک سیال در برابر تنش برشی می‌باشد بنابراین کاهش میزان ویسکوزیته با افزایش میزان تنش برشی می‌تواند مربوط به کم شدن اصطکاک بین لایه‌ها می‌باشد یا به عبارت دیگر، افزایش برش موجب تبدیل مولکول‌های بلند زنجیر و غیرخطی به مولکول‌های مستقیم و خطی می‌شود که همین امر موجب کاهش ویسکوزیته می‌شود (Habibi *et al.*, 2015). همچنین افزایش ویسکوزیته در نمونه‌های حاوی ایزوله پروتئینی جوانه گندم در مقایسه با نمونه شاهد، می‌تواند مربوط به وجود آرد ایزوله پروتئینی جوانه گندم در فرمولاسیون بستنی باشد که دارای ویژگی امولسیون‌کنندگی و خاصیت جذب خوب آب توسط این آرد می‌باشد (Hassan *et al.*, 2010).



شکل ۱- تغییرات تنش برشی نسبت به درجه برش در بستنی

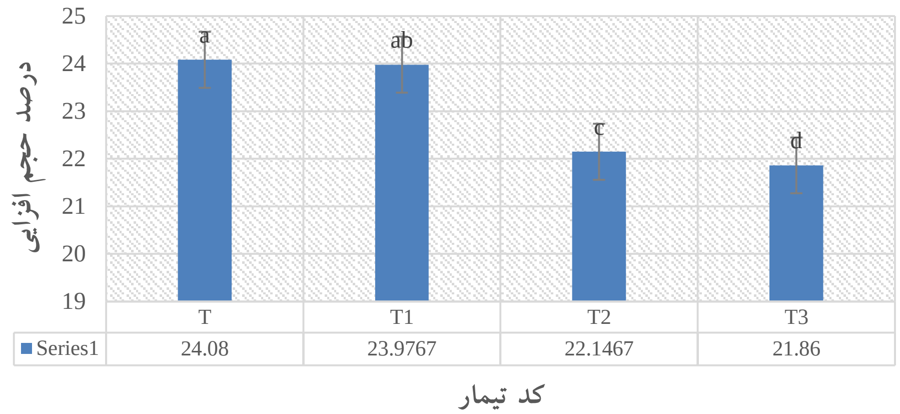


شکل ۲- تغییرات ویسکوزیته نسبت به درجه برش در مخلوط بستنی با درصدهای مختلف ایزوله پروتئین آرد گندم

درصد حجم‌افزایی

در شکل ۳ نتایج تغییرات افزایش حجم بستنی برای تیمارهای مختلف گزارش شده است. افزایش حجم بستنی نسبت به حجم مخلوط اولیه به علت وارد شدن هوادر هنگام انجماد است. مقدار هوایی که وارد مخلوط می‌شود تابع پارامترهای مختلفی همچون ترکیب مخلوط، غلظت اجزا ، مقدار کل مواد جامد و ویسکوزیته مخلوط می‌باشد. در این تحقیق، با افزایش میزان استفاده از آرد ایزوله پروتئینی جوانه گندم میزان میانگین درصد حجم افزایی تیمارهای بستنی به طور معنی داری کاهش یافت($p≤۰/۰۵$). بالاترین میزان درصد حجم‌افزایی به تیمار شاهد (فاقد آرد ایزوله پروتئین جوانه گندم) و کمترین آن به تیمار بستنی دارای ۵ درصد آرد ایزوله پروتئینی جوانه گندم تعلق داشت ($p≤۰/۰۵$). در تیمار ۵ درصد به دلیل افزایش نسبی ویسکوزیته مخلوط، حجم‌افزایی در مقایسه با تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. به‌نظر می‌رسد به علت افزایش ویسکوزیته در اثر وجود ایزوله پروتئین جوانه گندم امکان ورود هوا به داخل مخلوط بستنی کاهش می‌یابد. بنابراین عدم توزیع مناسب و ورود کافی هوا به مخلوط بستنی افزایش حجم

کمتر است. مهدیان و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی اثر کاربرد آرد کامل سویا بر خصوصیات رئولوژیکی بستنی نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. آن‌ها دریافتند که استفاده از آرد کامل سویا و افزایش میزان درصد استفاده از آن در فرمولاسیون تیمارهای بستنی به‌طور معنی‌داری میزان شاخص حجم‌افزایی را کاهش داد که با یافته‌های تحقیق حاضر در توافق بود. سقای شهری و همکاران (۱۳۹۳) نیز در بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی و بافتی بستنی حاوی صمغ دانه شاهی به نتایج مشابهی دست یافتند. آن‌ها دریافتند که استفاده از صمغ دانه شاهی در فرمولاسیون تیمارهای بستنی میزان شاخص حجم‌افزایی را به‌طور معنی‌داری کاهش داد که با یافته‌های تحقیق حاضر در توافق بود.

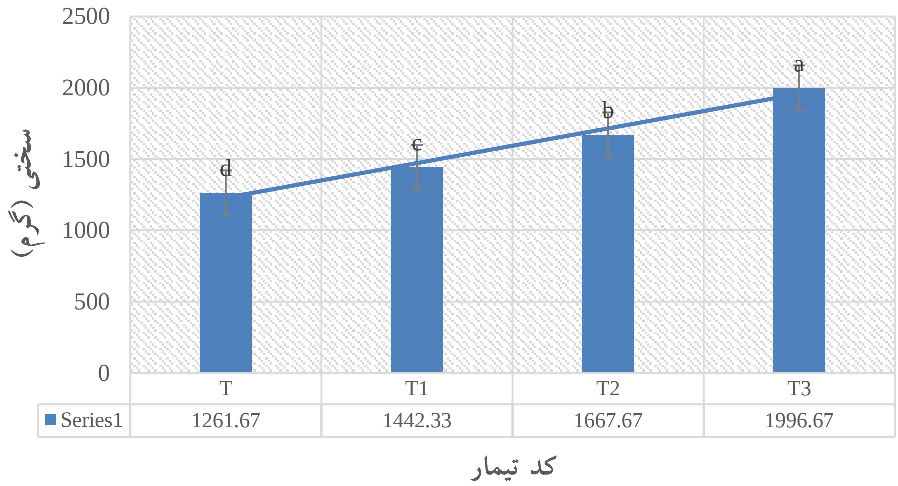


شکل ۳- نتایج تغییرات حجم‌افزایی تیمارهای بستنی

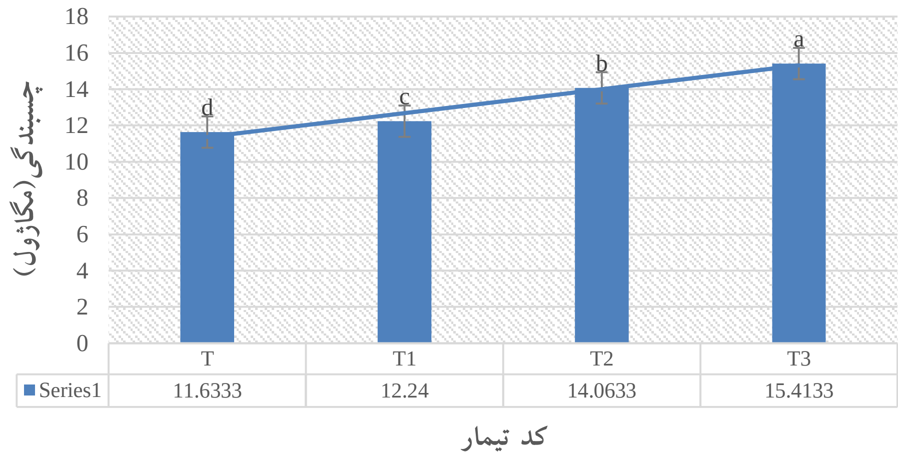
بافت‌سنجی

نتایج تغییرات سختی تیمارهای بستنی در شکل ۴ نمایش داده شده است. استفاده از آرد ایزوله پروتئینی جوانه گندم به‌طور معنی‌داری میزان سختی بستنی را افزایش می‌دهد ($p\leq$۰/۰۵). بالاترین میزان سختی به تیمار بستنی با ۵ درصد آرد ایزوله پروتئینی جوانه گندم و کمترین میزان سختی به تیمار شاهد فاقد آرد ایزوله پروتئینی جوانه گندم تعلق داشت ($p\leq$۰/۰۵). سختی بستنی مقاومت آن در برابر تغییر شکل توسط نیروی خارجی تعریف می‌شود و توسط فاکتورهایی مانند حجم‌افزایی، اندازه کریستال یخ و حجم فاز یخی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. استفاده از آرد ایزوله پروتئینی جوانه گندم مراکز و هسته‌هایی برای رشد کریستال‌های یخ عمل کرده و باعث توسعه حجم فاز یخی موجود در بافت بستنی می‌شود (Soukoulis *et al.*, 2008). با توجه به شکل ۵ مشاهده گردید که اختلافات معنی‌داری بین میزان میانگین چسبندگی تیمارهای بستنی وجود دارد ($p\leq$۰/۰۵). در واقع چسبندگی به مقدار کار مورد نیاز برای غلبه بین سطح ماده غذایی و سطح ماده‌ای که با آن در تماس است (همچون زبان، دندان و کام) مربوط می‌شود (BahramParvar *et al.*, 2010). نتایج نشان داد که استفاده از آرد ایزوله پروتئینی جوانه گندم میزان چسبندگی تیمارهای بستنی را افزایش می‌دهد ($p\leq$۰/۰۵). بالاترین میزان شاخص چسبندگی به تیمار بستنی با ۵ درصد آرد ایزوله پروتئینی جوانه گندم و کمترین میزان چسبندگی متعلق به تیمار شاهد بود ($p\leq$۰/۰۵). یافته های سایر محققین نیزنشان می‌دهد که افزودن مواد غذایی با ماتریس پروتئینی بازتر و ضعیف‌تر می‌توانند چسبندگی بیشتری را در بستنی ایجاد کنند(Dimitreli &Thomareis 2007). اسدی‌نژاد و همکاران (۱۳۸۳) تاثیر کنسانتره‌های پروتئینی آب بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی بستنی مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که استفاده از کنسانتره‌های پروتئینی باعث افزایش شاخص سختی می‌شود که با یافته‌های تحقیق حاضر نیز در توافق می‌باشد.

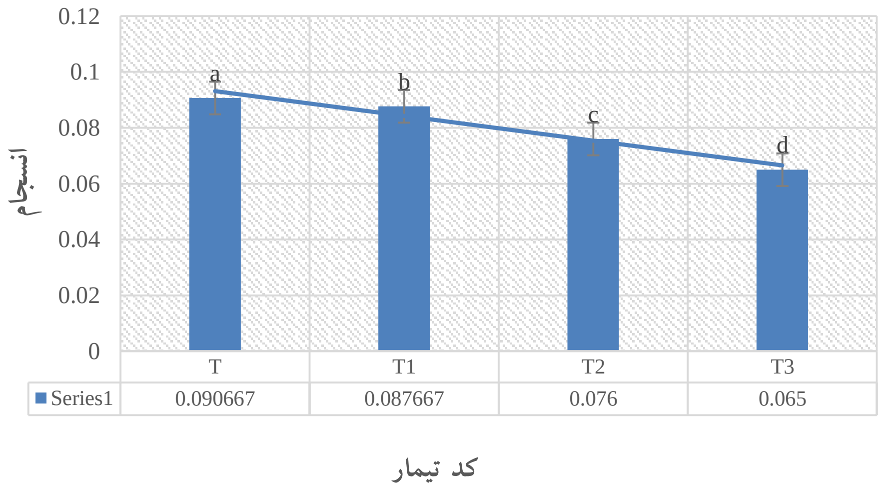
نتایج تغییرات انسجام نمونه های بستنی در شکل ۶ گزارش داده شده است. انسجام استحکام پیوندهای درونی است با توجه به اینکه انسجام نسبت کار انجام شده برای فشردن ماده غذایی در دو سیکل متفاوت است لذا واحد ندارد. با توجه به شکل ۶ ملاحظه گردید که اختلافات معنی‌داری بین میزان انسجام تیمارهای بستنی وجود داشت($p\leq$۰/۰۵). نتایج نشان داد که استفاده از ایزوله پروتئینی جوانه گندم به‌طور معنی‌داری انسجام تیمارهای بستنی را کاهش داد ($p\leq$۰/۰۵). کمترین میزان انسجام به تیمار بستنی با ۵ درصد ایزوله پروتئینی جوانه گندم و بالاترین انسجام به تیمار شاهد فاقد ایزوله پروتئینی جوانه گندم تعلق داشت ($p\leq$۰/۰۵). تحقیقات اسدی‌نژاد و همکاران (۱۳۸۳) نیز در تاثیر کنسانتره‌های پروتئینی آب بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی بستنی نیز مشاهده شد که با یافته‌های تحقیق حاضر در توافق بود.



شکل ٤- نتایج تغییرات سختی تیمارهای بستنی



شکل ٥- نتایج تغییرات چسبندگی تیمارهای بستنی



شکل ٦- نتایج تغییرات انسجام تیمارهای بستنی

سرعت ذوب

با توجه به شکل ۷ ملاحظه گردید که استفاده از آرد ایزوله پروتئینی جوانه گندم به‌طور معنی‌داری میزان شاخص مقاومت به ذوب شدن تیمارهای بستنی را کاهش می‌دهد ($p≤۰/۰۵$). کمترین میزان مقاومت به ذوب شدن به تیمار بستنی با ۵ درصد آرد ایزوله پروتئینی جوانه گندم و بالاترین میزان مقاومت به ذوب شدن برای تیمار شاهد فاقد آرد ایزوله پروتئینی جوانه گندم در نظر گرفته شد($p≤۰/۰۵$). سرعت ذوب بستنی تحت تاثیر فاکتورهای متعددی مانند مقدار هوای وارد شده، طبیعت کریستال‌های یخ و نیز شبکه گلبول چربی که در حین انجماد شکل گرفته، می باشد. به‌نظر می‌رسد افزایش درصد ایزوله پروتئین باعث ایجاد ژل پروتئینی در بستنی و به دام افتادن قطرات ریز آب در لابه لای ژل پروتئینی می‌شود، این آب منجمد نشده و به صورت آب آزاد در محصول باقی می‌ماند. بنابراین در اثر انتقال حرارت نمونه بستنی حاوی ایزوله پروتئین در مقایسه با نمونه شاهد سریعتر ذوب می‌شود. اگرچه سرعت ذوب پایین یکی از ویژگی‌های بافتی مطلوب در بستنی است لذا نمونه حاوی یک درصد ایزوله پروتئین جوانه گندم نمونه مناسب‌تری در مقایسه با سایر نمونه‌های حاوی ایزوله پروتئین می‌باشد (Goff *et al*., 1989). همچنین بستنی‌هایی که حجم‌افزایی کمی را دارند سریع‌تر ذوب می‌شوند و بالعکس بستنی‌هایی که حجم‌افزایی آنها بیشتر می‌باشد سرعت ذوب شدن آنها کندتر است. لازم به توضیح است وجود هوا در بستنی همچون یک عایق عمل نموده سرعت انتقال حرارت را کاهش می‌دهد در نتیجه سرعت ذوب شدن نیز کاهش می‌یابد (Sakurai *et al*., 1996).



شکل ۷- نتایج تغییرات مقاومت به ذوب تیمارهای بستنی

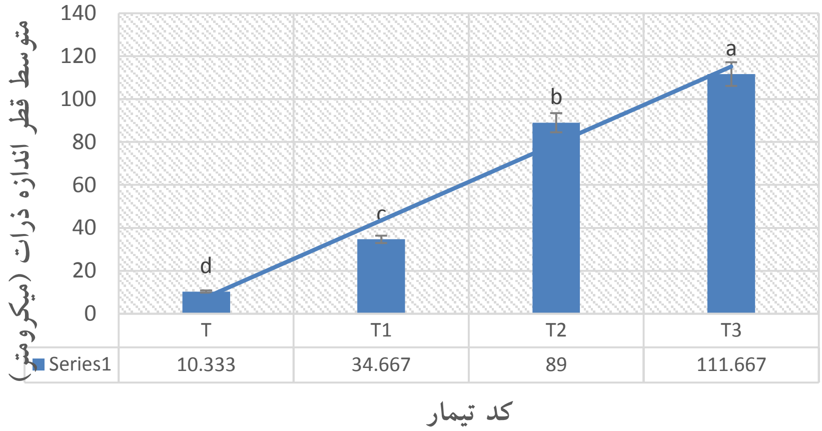
متوسط قطر ذرات

با توجه به شکل ۸ ملاحظه شد که اختلافات معنی‌داری بین میزان میانگین قطر اندازه ذرات تیمارهای بستنی وجود داشت ($p≤۰/۰۵$). با افزایش ایزوله پروتئین جوانه گندم میزان قطر ذرات به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($p≤۰/۰۵$). بالاترین میزان اندازه قطر ذرات به تیمار بستنی دارای ۵ درصد آرد ایزوله پروتئینی جوانه گندم و کمترین میزان اندازه قطر ذرات به تیمار ۱ درصد و همچنین تیمار شاهد نسبت داده شد($p≤۰/۰۵$). با افزایش میزان درصد استفاده از ایزوله پروتئین جوانه گندم میزان ترکیبات پروتئینی که وارد واکنش با گلبول‌های چربی و مولکول‌های آب می‌شوند افزایش می‌یابد و نهایتا قطر ذرات افزایش می یابد و با افزایش میزان استفاده از ایزوله پروتئین جوانه گندم میزان اندازه ذرات و قطر آن ها افزایش یافت (Alvarez *et al*., 2005).

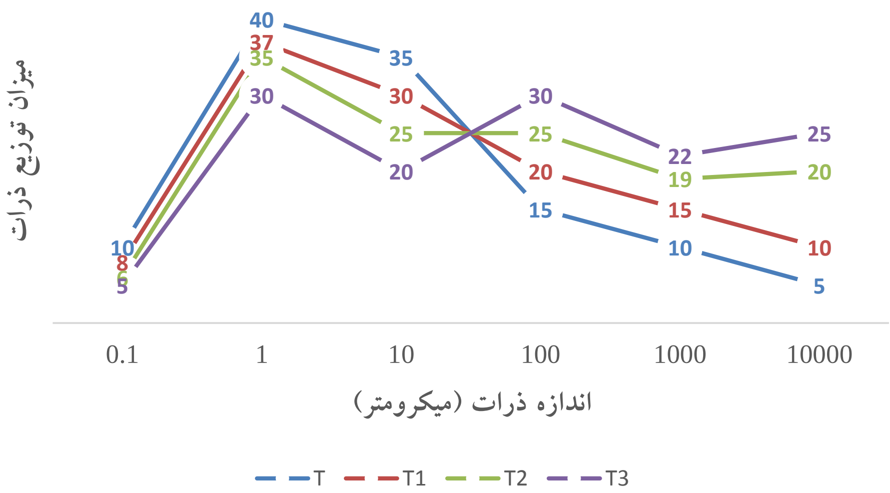
توزیع اندازه ذرات

با توجه به شکل ۹ مشاهده شد که اختلافات معنی‌داری بین میزان توزیع اندازه ذرات تیمارهای بستنی وجود داشت ($p≤۰/۰۵$). نتایج نشان داد که اندازه ذرات تیمارهای بستنی در محدوده ۰/۱ تا ۱۰۰۰۰ میکرومتر قرار دارد و با افزایش میزان استفاده از آرد ایزوله پروتئینی جوانه گندم میزان توزیع اندازه ذرات در محدوده بالاتر از ۵۰ میکرومتر به‌طور معنی‌داری افزایش یافت به‌طوری که تیمار دارای ۵ درصد آرد ایزوله پروتئینی جوانه گندم دارای بالاترین میزان توزیع ذرات در محدوده بالاتر از ۵۰ میکرومتر می‌باشد. با افزایش درصد ایزوله پروتئین جوانه گندم میزان توزیع ذرات در محدوده بالاتر از ۵۰ میکرومتر افزایش داشته است. به‌طور کلی نتایج نشان داد که استفاده از ایزوله پروتئین جوانه گندم باعث افزایش توزیع اندازه ذرات بزرگتر ۵۰ میکرومتر می‌شود با افزایش درصد ایزوله پروتئین جوانه گندم به دلیل افزایش

تعداد ترکیبات پروتئینی که وارد واکنش با گلبول‌های چربی و مولکول‌های آب می‌شوند باعث افزایش قطر ذرات می‌شود (Alvarez *et al.*, 2005).



شکل ۸– نتایج تغییرات شاخص متوسط قطر اندازه ذرات تیمارهای بستنی



شکل ۹ – منحنی توزیع اندازه ذرات بستنی

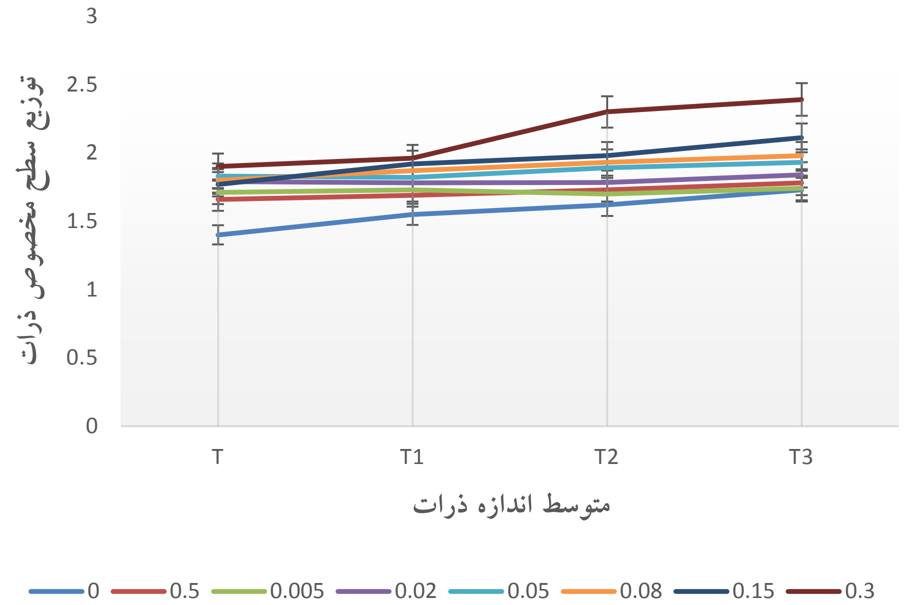
توزیع سطح مخصوص ذرات

با توجه به شکل ۱۰ مشاهده شد که اختلافات معنی‌داری بین میزان توزیع سطح مخصوص ذرات تیمارهای بستنی وجود داشت ($p≤۰/۰۵$) میزان توزیع سطح مخصوص ذرات با افزایش ایزوله پروتئین در نمونه‌های بستنی افزایش دارد که میزان این افزایش در مقادیر بالاتر (۵ درصد) ایزوله پروتئین جوانه گندم به مراتب بالاتر از تیمارهای دارای مقادیر ۳ و ۱ درصد می‌باشد. استفاده از ایزوله پروتئینی جوانه گندم به دو روش می‌تواند در ناحیه بین سطحی حضور داشته و سطح مخصوص ذرات را افزایش دهد: ۱– از طریق ایجاد کمپلکس ضعیف با قطعات پپتیدی پروتئین‌های اطراف گلبول‌های چربی (در صورت باردار بودن پلی‌ساکارید) و ۲– رقابت با پروتئین‌ها و قرار گرفتن در ناحیه بین سطحی.

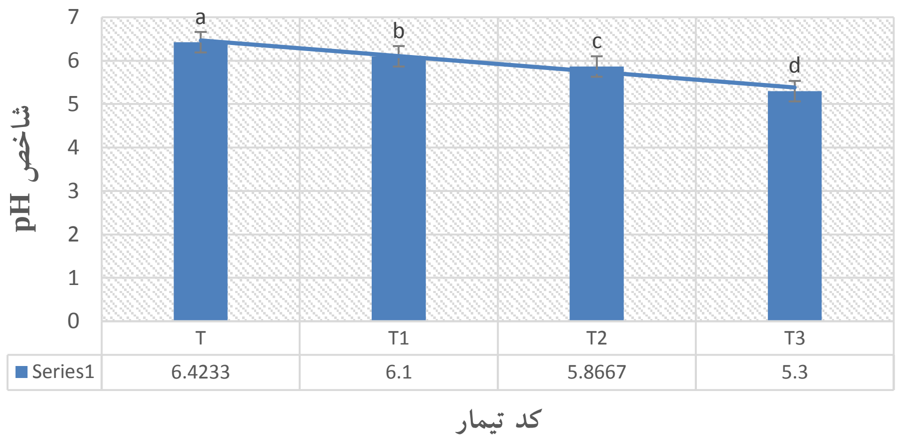
pH

با توجه به شکل ۱۱ مشاهده شد که اختلافات معنی‌داری بین میزان میانگین pH تیمارهای بستنی وجود داشت ($p≤۰/۰۵$). با افزایش ایزوله پروتئین جوانه گندم، میزان pH تیمارهای بستنی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($p≤۰/۰۵$). بالاترین میزان pH به تیمار شاهد و کمترین آن نیز به تیمار بستنی دارای ۵ درصد ایزوله پروتئینی جوانه گندم تعلق داشت ($p≤۰/۰۵$). نتایج مشابهی در این زمینه با افزودن

کنسانتره انار به بستنی به‌منظور غنی‌سازی و بهبود خواص کاری آن مشاهده شد که منجر به افت شدید میزان pH محصول تولیدی گردید (Cam *et al.*, 2013).با افزایش میزان استفاده از ایزوله پروتئین جوانه گندم pH کاهش یافته و از آن‌جا که تغییر اسیدیته و pH در بر هم خوردن ثبات امولسیونی و فاز کلوئیدی بسیار حائز اهمیت است، بنابراین کاهش مقاومت به ذوب نیز دور از انتظار نمی‌باشد.



شکل ۱۰- منحنی توزیع اندازه توزیع سطح مخصوص ذرات بستنی



شکل ۱۱- تغییرات pH تیمارهای بستنی

درصد ماده خشک

با توجه به شکل ۱۲ مشاهده شد که اختلافات معنی‌داری بین میزان میانگین ماده خشک تیمارهای بستنی وجود داشت ($p\leq$۰/۰۵). با افزایش ایزوله پروتئین جوانه گندم ماده خشک تیمارهای بستنی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($p\leq$۰/۰۵). بالاترین ماده خشک به تیمار بستنی دارای ۵ درصد ایزوله پروتئین جوانه گندم و کمترین میزان ماده خشک نیز به تیمار بستنی شاهد تعلق داشت ($p\leq$۰/۰۵).

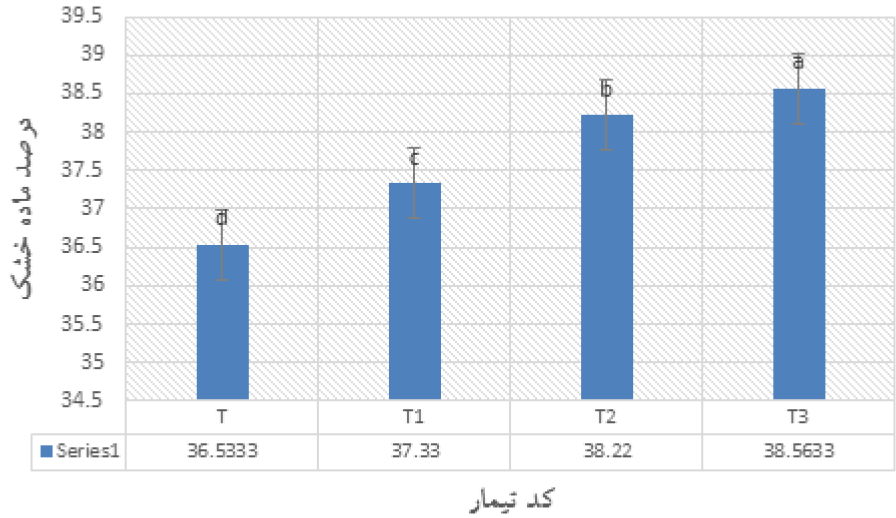
رنگ‌سنجی

با توجه به شکل ۱۳مشاهده گردید که اختلافات معنی‌داری بین میزان میانگین شاخص روشنای (L^*) تیمارهای بستنی وجود داشت ($p\leq$۰/۰۵). با افزایش میزان استفاده از آرد ایزوله چوانه پروتئین جوانه گندم میزان میانگین شاخص روشنایی (L^*) تیمارهای بستنی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($p\leq$۰/۰۵). بالاترین میزان میانگین شاخص روشنایی (L^*) به تیمار بستنی شاهد فاقد آرد ایزوله جوانه پروتئینی

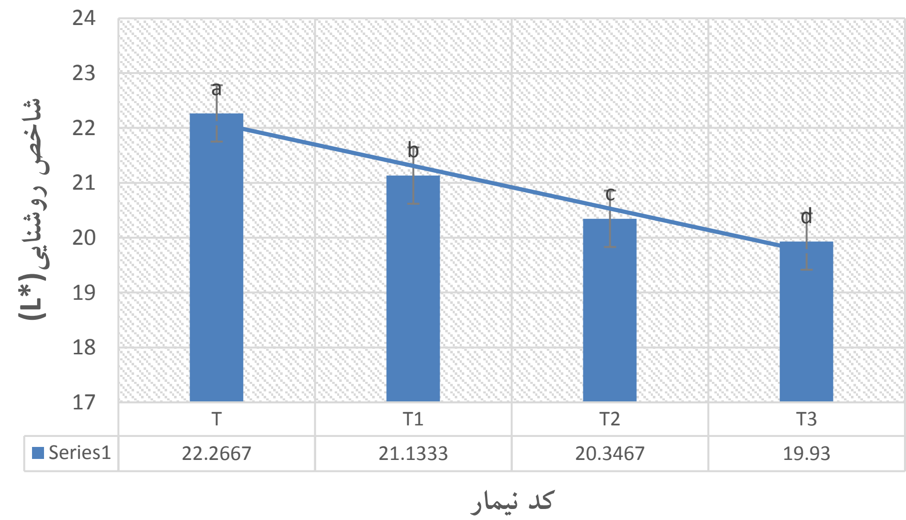
جوانه گندم و کمترین میزان شاخص روشنایی (L^*) به بستنی با ۵ درصد آرد ایزوله جوانه پروتئینی جوانه گندم تعلق داشت ($p≤۰/۰۵$).

با توجه به شکل ۱۴ اختلاف معنی‌داری بین میانگین شاخص قرمزی (a^*) تیمارهای بستنی وجود داشت ($p≤۰/۰۵$). همانگونه که در شکل نیز مشاهده می‌شود با افزایش میزان استفاده از ایزوله پروتئینی جوانه گندم میزان شاخص قرمزی (a^*) تیمارهای بستنی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($p≤۰/۰۵$). بالاترین میزان شاخص قرمزی (a^*) تیمارهای بستنی به تیمار بستنی با ۵ درصد ایزوله پروتئینی جوانه گندم و کمترین آن نیز به تیمار بستنی شاهد فاقد ایزوله پروتئینی جوانه گندم تعلق داشت ($p≤۰/۰۵$).

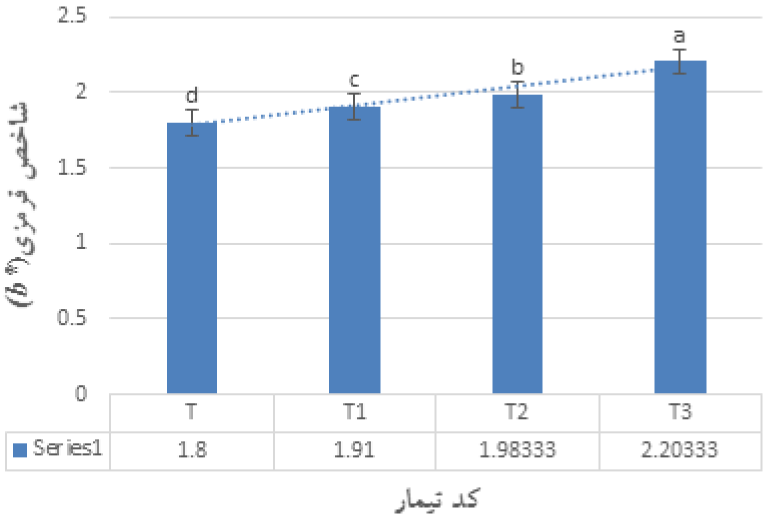
با توجه به شکل ۱۵ مشاهده شد که با افزایش میزان استفاده از آرد ایزوله پروتئینی جوانه گندم میزان شاخص زردی (b^*) تیمارهای بستنی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($p≤۰/۰۵$). بالاترین میزان شاخص زردی (b^*) تیمارهای بستنی به تیمار بستنی با ۵ درصد آرد ایزوله پروتئینی جوانه گندم و کمترین آن نیز به تیمار بستنی شاهد فاقد آرد ایزوله پروتئینی جوانه گندم تعلق داشت ($p≤۰/۰۵$).



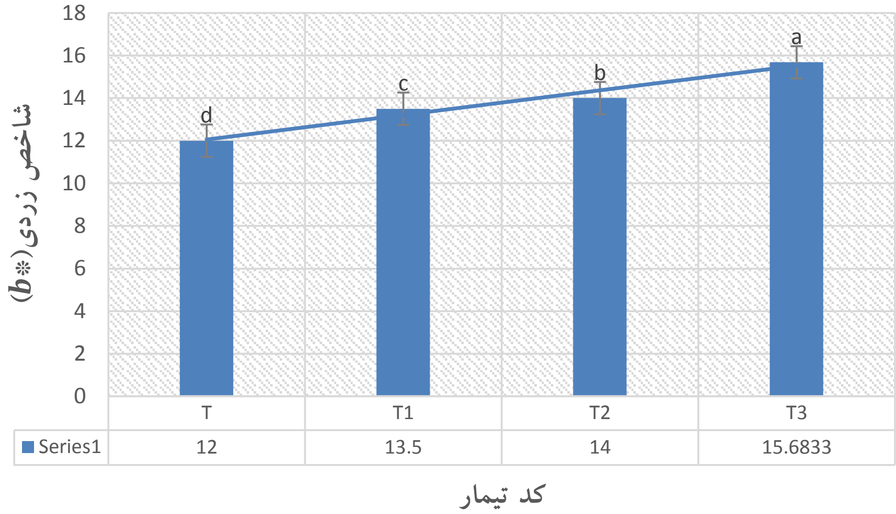
شکل ۱۲- تغییرات ماده خشک تیمارهای بستنی



شکل ۱۳- مقایسه میانگین شاخص روشنایی (L^*) تیمارهای بستنی



شکل ١٤- مقایسه میانگین شاخص زردی (*b) تیمارهای بستنی



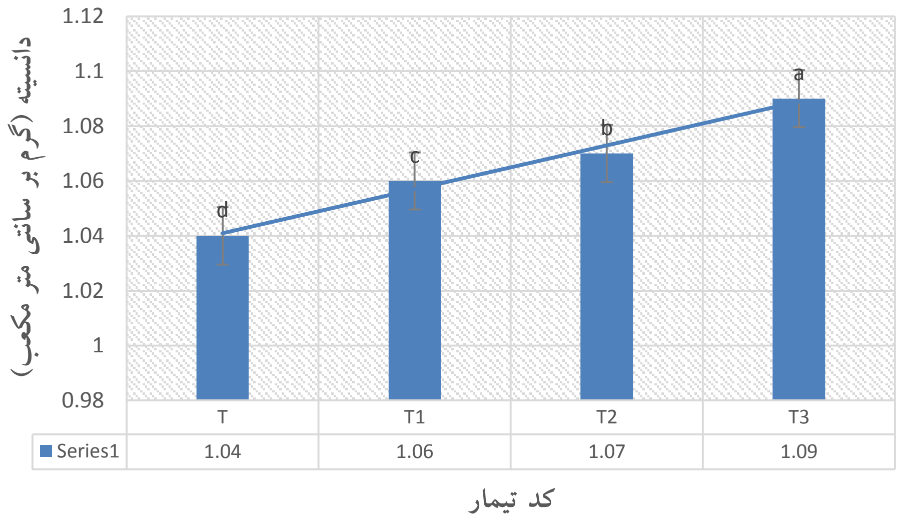
شکل ١٥- مقایسه میانگین شاخص زردی (*b) تیمارهای بستنی

بررسی نتایج ارزیابی شاخص روشنایی (L^*) نشان داد که استفاده از آرد ایزوله پروتئین جوانه گندم در فرمولاسیون به‌طور معنی‌داری شاخص روشنایی (L^*) بستنی را به‌طور معنی‌داری کاهش داد که به دلیل رنگ آرد ایزوله پروتئینی جوانه گندم در فرمولاسیون بوده و با افزایش درصد استفاده از آرد ایزوله پروتئینی جوانه گندم در فرمولاسیون میزان شاخص روشنایی (L^*) نیز به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. به‌نظر می‌رسد که استفاده از آرد ایزوله پروتئینی جوانه گندم با توجه به رنگ تیره خود باعث کاهش میزان انعکاس نور در محصول می‌شود و بر کاهش روشنایی (L^*) محصول اثر می‌گذارد. در مورد بستنی با افزایش درصد استفاده ایزوله پروتئین جوانه گندم در فرمولاسیون و کاهش بافت چربی میزان تیرگی افزایش می‌یابد که به کاهش شاخص روشنایی (L^*) کل منجر می‌گردد که با نتایج تحقیقات مهدیان و همکاران (۱۳۹۲) در بررسی استفاده از آرد کامل سویا در فرمولاسیون بستنی نیز مطابقت داشت. آنها دریافتند که افزایش درصد استفاده از آرد کامل سویا به مقادیر ۸ و ۱۰ درصد نیز به‌طور معنی‌داری شاخص روشنایی (L^*) را نیز کاهش می‌دهد. بررسی نتایج نشان داد که استفاده از آرد ایزوله پروتئینی جوانه گندم در فرمولاسیون بستنی به‌طور معنی‌داری به جهت غالب بودن رنگ زرد (b^*) گزانتوفیل‌های موجود در آن منجر به افزایش شاخص زردی (b^*) در تیمارهای بستنی گردید. نظیر چنین مشاهداتی در مطالعات رهبری و همکاران (۱۳۹۴) در بررسی تاثیر کاربرد ایزوله پروتئین جوانه گندم و زانتان به‌عنوان جایگزین‌های زرده تخم‌مرغ بر ویژگی‌های رئولوژیکی سس مایونز و اثر مدت زمان و

برودت دمای نگهداری بر رنگ بستنی پرچرب مشاهده شده است (Buych *et al.*,2011).

دانسیته بستنی

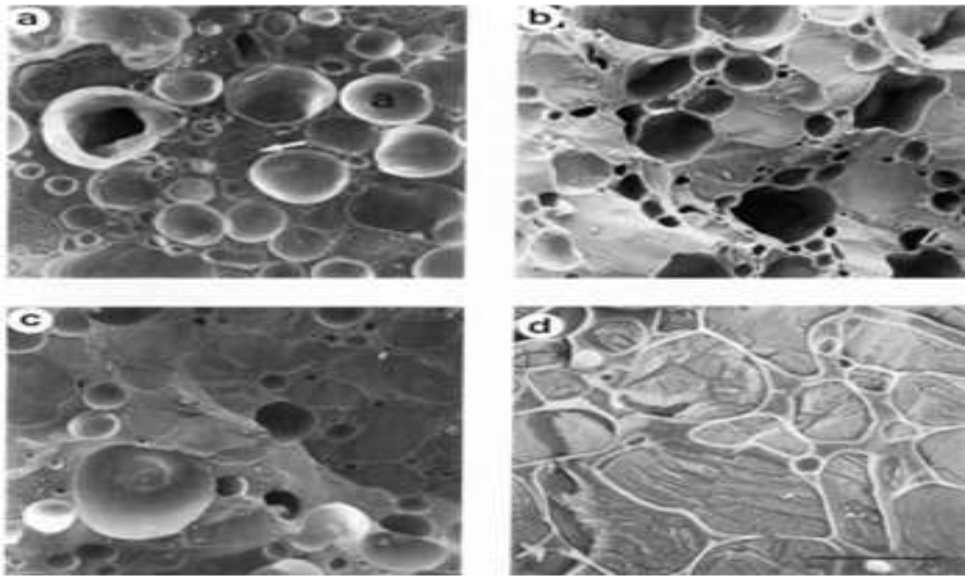
با توجه به شکل ۱۶ ملاحظه گردید که استفاده از آرد ایزوله پروتئین جوانه گندم به‌طور معنی‌داری میزان دانسیته تیمارهای بستنی را کاهش داد ($p≤۰/۰۵$). کمترین میزان دانسیته به تیمار بستنی با ۵ درصد آرد ایزوله پروتئین جوانه گندم و بالاترین میزان دانسیته به تیمار شاهد فاقد آرد ایزوله پروتئین جوانه گندم تعلق داشت ($p≤۰/۰۵$). یکی از دلایل افزایش دانسیته بستنی به علت افزایش جرم بستنی در اثر افزایش درصد ایزوله پروتئین جوانه می‌باشد.



شکل ١٦- منحنی توزیع شاخص دانسیته ذرات بستنی

میکروسکوپ الکترونی روبشی

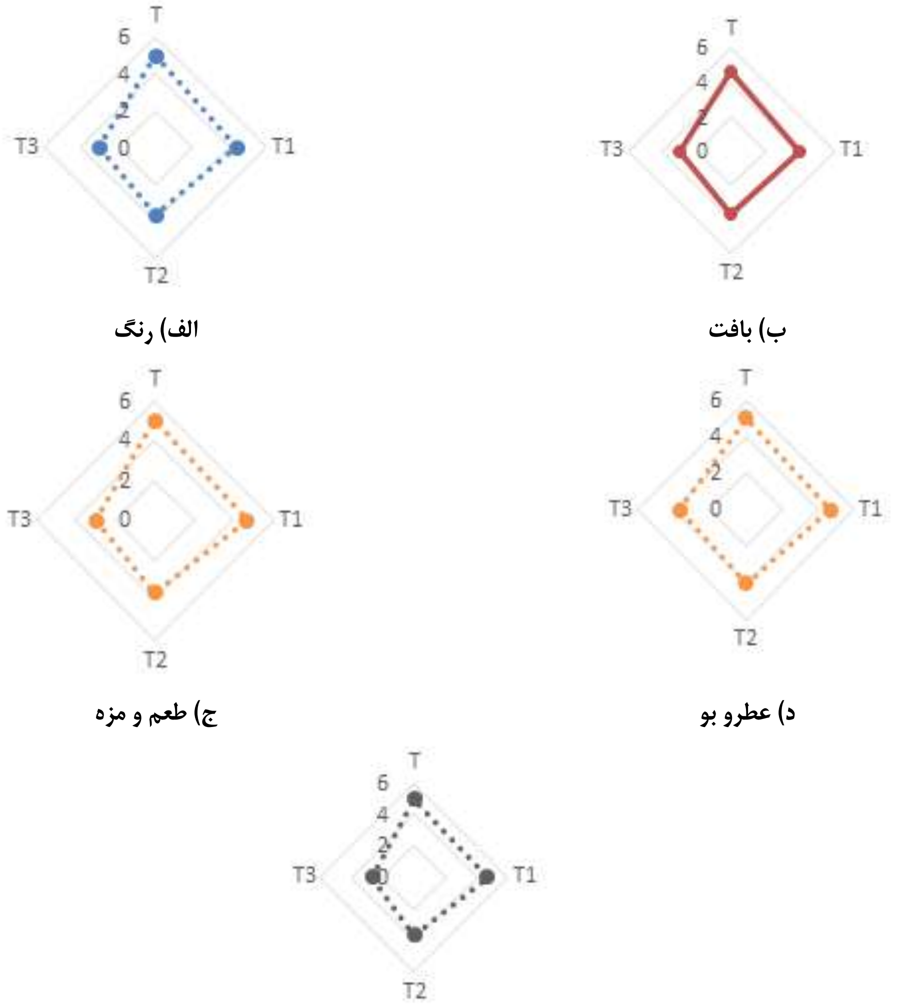
شکل ۱۷ تصاویر میکروسکوپ الکترونیکی تیمارهای بستنی را نشان می‌دهد. استفاده از ایزوله پروتئینی جوانه گندم باعث کاهش گلبول‌های چربی موجود در ساختار تیمارهای بستنی می‌شود. به‌نظر می‌رسد کمترین میزان چربی به تیمار بستنی دارای ۵ درصد آرد ایزوله پروتئینی جوانه گندم و بالاترین آن نیز به تیمار بستنی شاهد تعلق داشت ($p≤۰/۰۵$).



شکل ۱۷- تصاویر میکروسکوپ الکترونی تیمارهای بستنی (a=T, b=T1, c=T2, d=T3)

ارزیابی حسی

بی‌شک ویژگی‌های بافتی و طعم بستنی از مهم‌ترین فاکتورهای پذیرش از دیدگاه مصرف‌کننده می‌باشند. نتایج حاصل از کلیه ارزیابی های حسی نمونه های مختلف بستنی در شکل ۱۸(الف، ب، ج، د، و) به نمایش گذاشته شده است. با توجه به این نمودارها مشخص شد که اختلافات معنی‌داری بین امتیازات ویژگی‌های حسی تیمارهای بستنی وجود دارد ($p≤۰/۰۵$).



ب) بافت

الف) رنگ

د) عطرو بو

ج) طعم و مزه

و) حس دهانی

شکل ۱۷- مقایسه میانگین امتیازات حسی

در کلیه ویژگی‌های حسی اعم از رنگ ظاهری، بافت، طعم و مزه، عطر و بو و حس دهانی بالاترین میزان امتیازات حسی به تیمار شاهد و سپس تیمار دارای ۱ درصد آرد ایزوله پروتئین جوانه گندم و کمترین آن نیز به تیمار دارای ۵ درصد آرد ایزوله پروتئین جوانه گندم تعلق داشت. نتایج نشان داد که با افزایش میزان استفاده از آرد جوانه گندم میزان مطلوبت طعم و مزه به دلیل افزایش میزان ماده خشک موجود در بستنی به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد ($p≤۰/۰۵$). در بالاترین میزان استفاده از جوانه گندم میزان این کاهش امتیازات طعم به‌طور معنی‌داری بالاتر از سایر تیمارها می‌باشد. علت این پدیده این است که با افزایش ایزوله پروتئین جوانه گندم میزان قطر ذرات به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد لذا این امر می‌تواند موجب کاهش میزان سطح تماس ذرات با پرزهای چشایی موجود در گیرنده‌های مزه در سطح زبان شده و میزان احساس طعم و مزه را کاهش دهد. نتایج تحقیقات مهدیان و همکاران (۱۳۹۰) موید پژوهش حاضر در این زمینه می باشد. امتیازات احساس دهانی نیز متاثر از ویسکوزیته و همچنین میزان هوادهی و شاخص مقاومت به ذوب شدن می باشد که با افزایش میزان استفاده از آرد ایزوله پروتئینی جوانه گندم شاخص مقاومت به ذوب و ویسکوزیته و همچنین هوادهی کاهش یافته و میزان امتیازات احساس دهانی را

به‌طور معنی‌داری کاهش می‌دهد. سقای شهری و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی که بر روی ویژگی‌های رئولوژیکی و بافتی بستنی حاوی صمغ دانه شاهی انجام دادند به نتایج مشابهی در این زمینه دست یافتند. همچنین رنگ ظاهری تیمارهای بستنی به دلیل کاهش شاخص روشنایی و همچنین افزایش شاخص قرمزی و همچنین زردی با افزایش میزان استفاده از آرد ایزوله پروتئینی جوانه گندم به‌طور معنی‌داری کاهش یافته و به عبارت دیگران این تغییرات امتیازات رنگ ظاهری از نظر ارزیاب‌ها مطلوب نمی‌باشد. امتیازات بافت نیز متاثر از ویسکوزیته، هوادهی و ویژگی‌های رئولوژیکی تیمارهای بستنی می‌باشد. با توجه به این که با افزایش میزان استفاده از آرد ایزوله پروتئینی میزان هوادهی و ویسکوزیته کاهش و سرعت ذوب شدن افزایش یافت، میزان مطلوبیت بافت و شکل تیمارهای بستنی کاهش یافت. تیمار دارای بالاترین میزان درصد آرد ایزوله پروتئینی جوانه گندم، از کمترین میزان شاخص مقاومت به نقطه ذوب برخوردار می‌باشد که این مساله باعث افزایش میزان ذوب، افزایش سختی و کاهش هوادهی و کاهش امتیازات بافت و شکل نیز می‌شود. در میان فاکتورهای حسی عطر و بو از کمترین میزان تغییرات در مقایسه با تیمار شاهد برخوردار بود. بالاترین میزان تغییرات عطر و بو به تیمار دارای ۵ درصد آرد ایزوله پروتئینی جوانه گندم تعلق داشت اما تیمارهای دارای مقادیر ۱ و ۳ درصد اختلافات چندانی با تیمار شاهد نشان نمی‌دهد اما در مقادیر بالای استفاده میزان امتیازات عطر و بو به دلیل عطر و بوی آرد ایزوله پروتئینی جوانه گندم به‌طور معنی‌داری بر عطر و بوی بستنی غالب شده و امتیازات عطر و بو به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($p\leq ۰/۰۵$). از آنجا که افزایش ماده خشک موجود در یک سیستم غذایی موجب آزادسازی کمتر ترکیبات معطر فرار در آن سیستم میشود و برعکس هرچه ماده خشک کمتر بوده و فاز مایع سیستم غذایی قوی‌تر باشد یا به عبارتی سهم بیشتری را به‌خود اختصاص دهد امکان و احتمال آزاد شدن ترکیبات موثر در عطر و بو بیشتر می‌گردد، پس علت کاهش امتیاز در این پارامتر، افزودن آرد ایزوله پروتیین جوانه گندم و به دنبال آن افزایش میزان ماده خشک بستنی، و در نتیجه کاهش عطر و بو می‌باشد. Bahramparvar و همکاران (۲۰۱۱) نیز در دو پژوهش مختلف در سالهای ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱ چنین نتیجه ای را در مورد افزودن زرده تخم‌مرغ و کنسانتره پروتیین محلول شیر و همچنین انواع پایدارکننده به بستنی گزارش کردند

نتیجه‌گیری

در این تحقیق که با هدف تولید بستنی فراسودمند با به‌کارگیری ایزوله پروتئین جوانه گندم انجام شد، تاثیر درصدهای مختلف ایزوله پروتئین جوانه گندم (۱، ۳ و ۵) بر روی محصول مورد توجه فرار گرفت و مواردی همچون ویژگی‌های رئولوژیکی، بافت، درصد افزایش حجم بستنی، نقطه ذوب، دانسیته، اندازه ذرات ، توزیع اندازه ذرات، درصد ماده خشک و ویژگی‌های حسی مورد ارزیابی قرار گرفت. به‌طور کلی نتایج نشان داد که با استفاده از ایزوله پروتئینی جوانه گندم می‌توان یک بستنی فراسودمند با خصوصیات مناسب را تهیه و فرموله نمود. جمع‌بندی کلیه نتایج حاصله و ارزیابی حسی نشان داد نمونه بستنی دارای ۱ درصد ایزوله پروتئین جوانه گندم به‌عنوان نمونه بهینه انتخاب و معرفی گردید.

منابع

اسدی‌نژاد، ش.، حبیبی نجفی، م.ب.، رضوی، س.م.ع.، نصیری محلاتی، م.، ۱۳۸۳، تاثیر کنسانتره های پروتئین آب پنیر بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی بستنی.مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال۱۱ ، شماره ۴، ص ۱۰۵-۹۵.

رضوی، س.م.ع.، حبیبی نجفی، م.ب.، نایب زاده، ک.،۱۳۸۰. تاثیر جایگزین های لبنی و نوع پایدار کننده بر خصوصیات شیمیایی و فیزیکی بستنی سویا (پاروین)، علوم کشاورزی ایران ، دوره۳۲ , شماره ۳، ص۶۲۴-۶۱۵

سازمان ملی استاندارد ایران، غلات و فراورده های آن، روش اندازه گیری رطوبت، شماره ۲۷۰۵، سال ۱۳۷۴.

سازمان ملی استاندارد ایران، بیسکوییت- ویژگیها و روشهای آزمون، اندازه گیری خاکستر نامحلول در اسید غلات و فراورده های آن، شماره ۳۷، اصلاحیه ۱، تجدید نظر ۶، سال ۱۳۷۸.

سازمان ملی استاندارد ایران، فراورده های لبنی- بستنی و فراورده های یخی شیر، تعیین ماده خشک، شماره ۱۱۹۰، سال ۱۳۸۷.

سقای شهری، ا.، کاراژیان، ح.، محمدی نافچی، ع. ر.، ۱۳۹۳، ویژگی های رئولوژیکی و بافتی بستنی حاوی صمغ دانه شاهی، پژوهش های صنایع غذایی (دانش کشاورزی)، دوره ۲۴، شماره ۲، ص ۱۸۸-۱۷۹.

مهدیان، ا.، مظاهری تهرانی، م.، شهیدی، ف.، ۱۳۹۰، بررسی اثر آرد کامل سویا برروی خصوصیات رئولوژیک بستنی ، دوره ۸، شماره۳۱، ص ۱۱۴-۱۰۷.

Akalın, A. S., Karagözlü, C., Ünal, G., 2008, Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. *European Food Research and Technology*, 227(3): 889-895.

Alvarez, V., Wolters, C., Vodovotz, Y., Ji, T., 2005, Physical properties of ice cream containing milk protein concentrates. *Journal of Dairy Science*, 88(3): 862-871.

Arshad, M. U., Anjum, F. M., Zahoor, T., 2007, Nutritional assessment of cookies supplemented with defatted wheat germ. *Food chemistry*, 102(1): 123-128.
Bahramparvar, M., Stathopoulos, C., 2010, Effect of egg yolk substitution by sweet whey protein concentrate (WPC), on physical properties of Gelato ice cream. *International Food Research Journal*, 17: 787-793.
Bahramparvar, M., Mazaheri Tehrani, M., 2011, Application and functions of stabilizers in ice cream. *Food reviews international*, 27(4): 389-407.
Buyck, J., Baer, R., & Choi, J. 2011. Effect of storage temperature on quality of light in full-fat ice cream. *Journal of Dairy Science, 94*(5), 2213-2219.
Çam, M., Erdoğan, F., Aslan, D., & Dinç, M. 2013. Enrichment of Functional Properties of Ice Cream with Pomegranate By-products. *Journal of food science, 78*(10).
Di Criscio, T., Fratianni, A., Mignogna, R., Cinquanta, L., Coppola, R., Sorrentino, E., & Panfili, G. 2010. Production of functional probiotic, prebiotic, and synbiotic ice creams. *Journal of Dairy Science, 93*(10), 4555-4564.
Dimitri, G., Thomareis A.S., 2007, Texture evaluation of block-type processed cheese as a function of chemical composition and in relation to its apparent viscosity, *Journal of Food Engineering*, 79: 1364-1373.
Goff, H.D., Jordan W. K., 1989, Action of emulsifiers in promoting fat destabilization during the manufacture of ice cream. *Journal of Dairy Science*, 72(1):18-29.
Gómez, M., J. González,Oliete, B., 2012, Effect of extruded wheat germ on dough rheology and bread quality. *Food and Bioprocess Technology*, 5(6): 2409-2418.
Habibi,P., Khodaeyan, F., 2015, Effect of Substituting Grapeseed Oil instead of Milk fat on Physicochemical and Sensory Characteristic of Ice Cream, *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 10(3): 91-100.
Hassan, H., Afify, A., Basyiony, A., Ahmed, G. T., Ghada, T., 2010. Nutritional and functional properties of defatted wheat protein isolates. *Australlian Journal of Basic Applied Science*, 4(2): 348-358.
Marshall, R. T., Goff, H. D., Hartel, R. W., 2012, *Ice cream*: Springer.
Méndez-Velasco, C., Goff, H. D., 2011, Enhancement of fat colloidal interactions for the preparation of ice cream high in unsaturated fat. *International dairy journal, 21*(8): 540-547.
Sakurai K., Kokubo S., Hakamata K., Tomita M., Yoshida S.,1996, Effect of production conditions on ice cream melting resistance and hardness. *Milchwissenschaft*, 51(8): 451–454.
Shakeri V., Ghiassi Tarzi B., Ghavami M., 2012, The effects of wheat germ on chemical, sensorial, cooking and microbial properties of Pasta, *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 7(3): 89-100.
Soukoulis, C., Chandrinos, I., Tzia, C., 2008, Study of the functionality of selected hydrocolloids and their blends with κ-carrageenan on storage quality of vanilla ice cream. *LWT-Food Science and Technology*, 41(10): 1816-1827.
Zhu, K., Zhou, H., Qian, H., 2006, Antioxidant and free radical-scavenging activities of wheat germ protein hydrolysates (WGPH) prepared with alcalase. *Process Biochemistry*, 41(6), 1296-1302.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 17, No. 2, June. July. 2021, p. 243- 259

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۷، شماره ۲، خرداد-تیر ۱۴۰۰ ص.۲۵۹-۲۴۳

The Effect of Wheat Germ Protein Isolate on Physical, Rheological, textural and sensorial properties of Ice Cream

H. Mahpour[1], T. Mostaghim[2*], Sh. Shahriari[3]

Received: 2019.10.28
Accepted: 2020.04.18

Introduction: Dairy products fortification especially ice cream is one of the most important goals and priorities of today's humanbeing to produce health food products. Protein isolate is one of the compounds used to produce health products.The aim of this study was to produce ice cream with new features based on a functional material by partially replacing dry matter with wheat germ protein isolate.

Materials and Methods: In present research wheat germ protein isolate with 1%, 3% and 5% was extracted and added to ice cream. In the first step, protein isolate was evaluated by tests of moisture content, fat percentage, acid insoluble ash, particle size and flour grain size. In the next step, protein isolate of wheat germ by 1, 3 and 5 percent was added to ice cream mix and its effects on rheological and texture properties, color, physico-chemical and sensory parameters of ice cream were evaluated.

Results and discussion: The results showed that the moisture, fat and acid insoluble ash of protein isolate were 8.41±0.42, 11.34±0.44 and 3.57±0.23 respectively. The particle size and flour grain size was 282±0.01. Laboratory data showed that by increasing protein isolate replacement, the viscosity, melting resistance and volumizing index were reduced significantly. Whereas, texture, hardness and adhesion parameters, density, particle size and diameter, specific distribution and surface area, and yellowness and redness indices were significantly increased. All the laboratory results and sensory evaluation of the samples revealed that the ice cream sample with 1 percent of wheat germ protein isolate was a preferred and optimized sample.

Keywords: Wheat germ protein isolate, Ice cream, Rheological properties, Texture.

1. M.Sc. Graduated of the Department of Food Science and Technology, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2. Assistant Professor of the Department of Food Science and Technology, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
3. Associate Professor of the Department of Chemical Engineering, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
(Corresponding Author Email: toktammostaghim@yahoo.com)